

Opbrengsten en Vollaasturen

Jos Beurskens

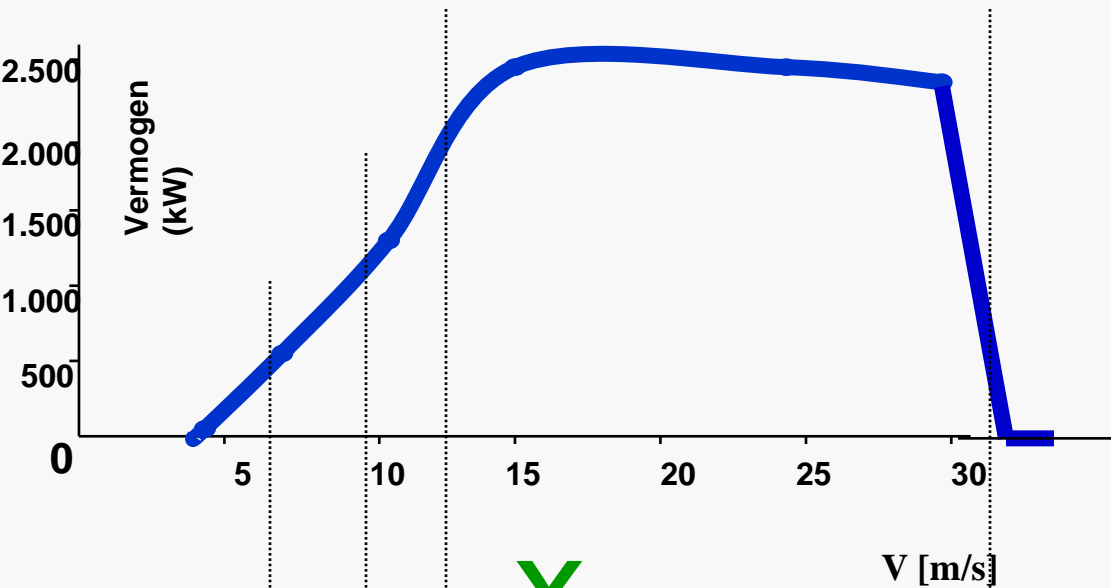
We@Sea / ECN



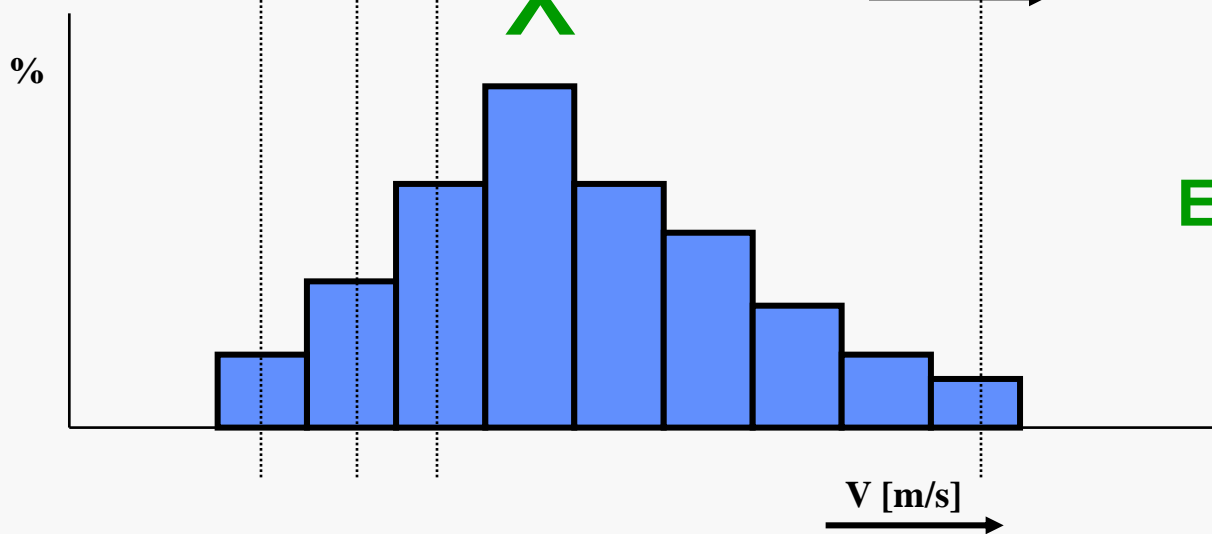
Finance workshop
Utrecht, 24 November, 2009

www.we-at-sea.org / www.ecn.nl

De opbrengst van een windturbine



= E [kWh/a]



X

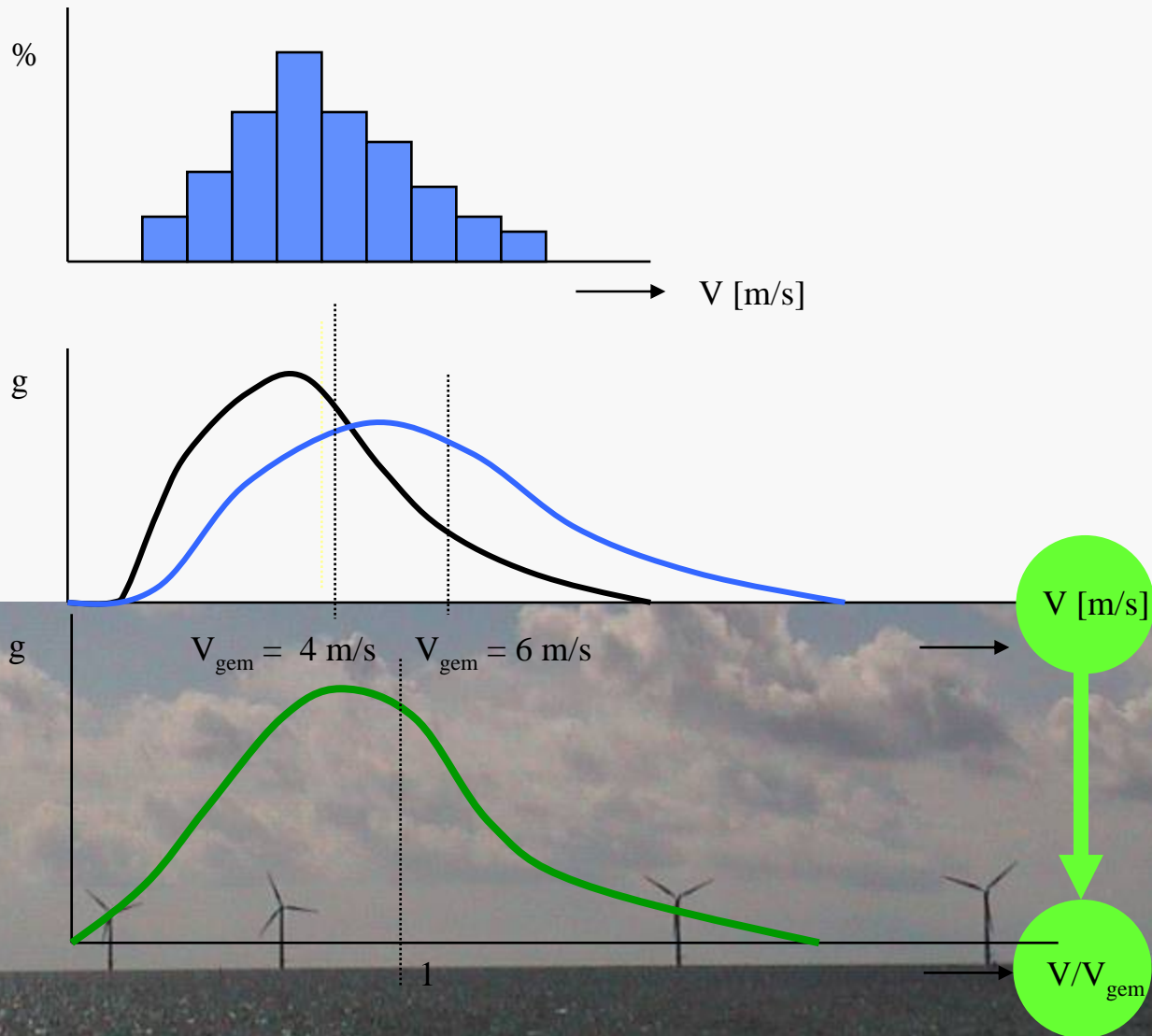
Werkelijke energieopbrengst:
 $E \times \text{Beschikbaarheid} !$

De opbrengst van een windturbine

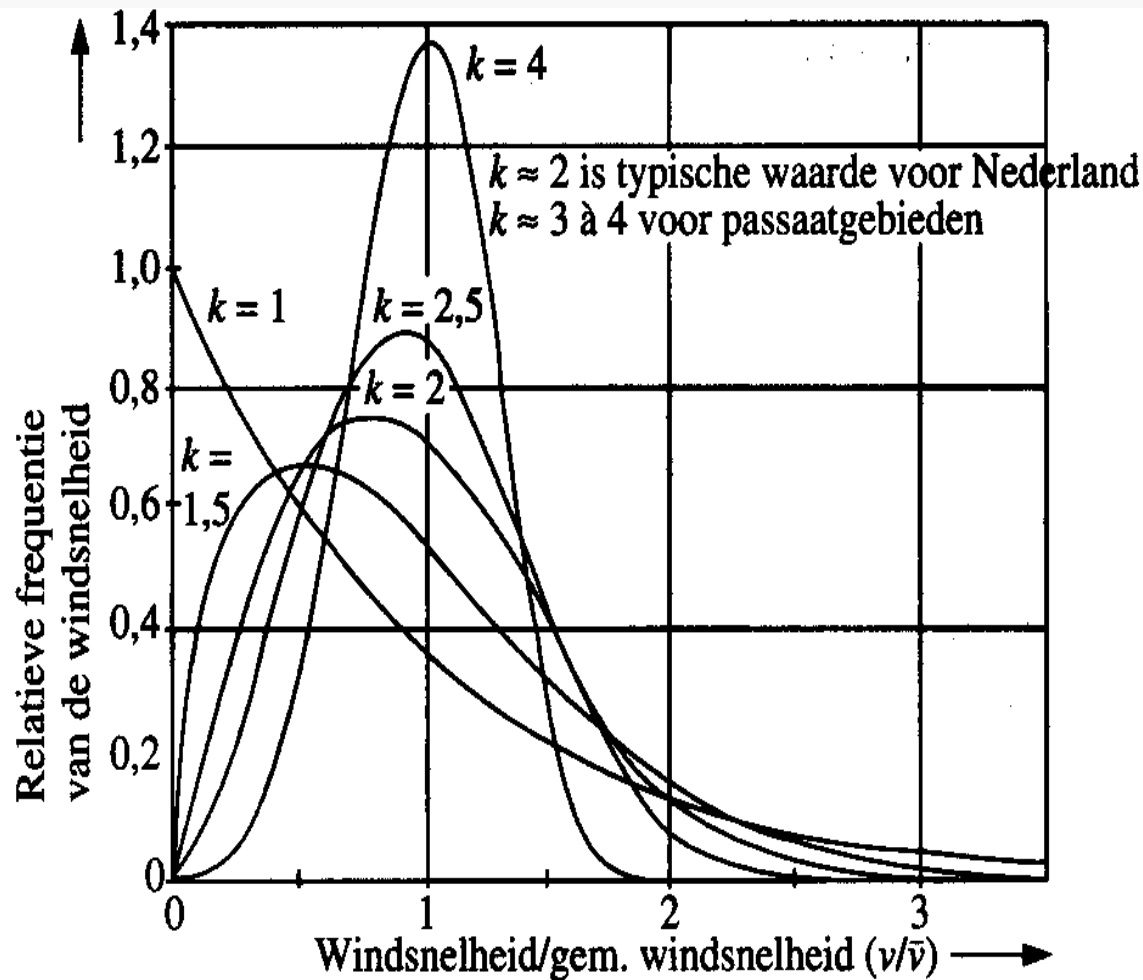
- Indien de kansverdeling van de wind en de vermogens-windsnelheidscurve (P-V) van een windturbine te generaliseren is, kunnen algemene, plaatsonafhankelijke, conclusies getrokken worden m.b.t. het optimaliseren van windturbines.
 1. De kansverdeling van de windsnelheid
 2. De P-V curve van de wind turbine



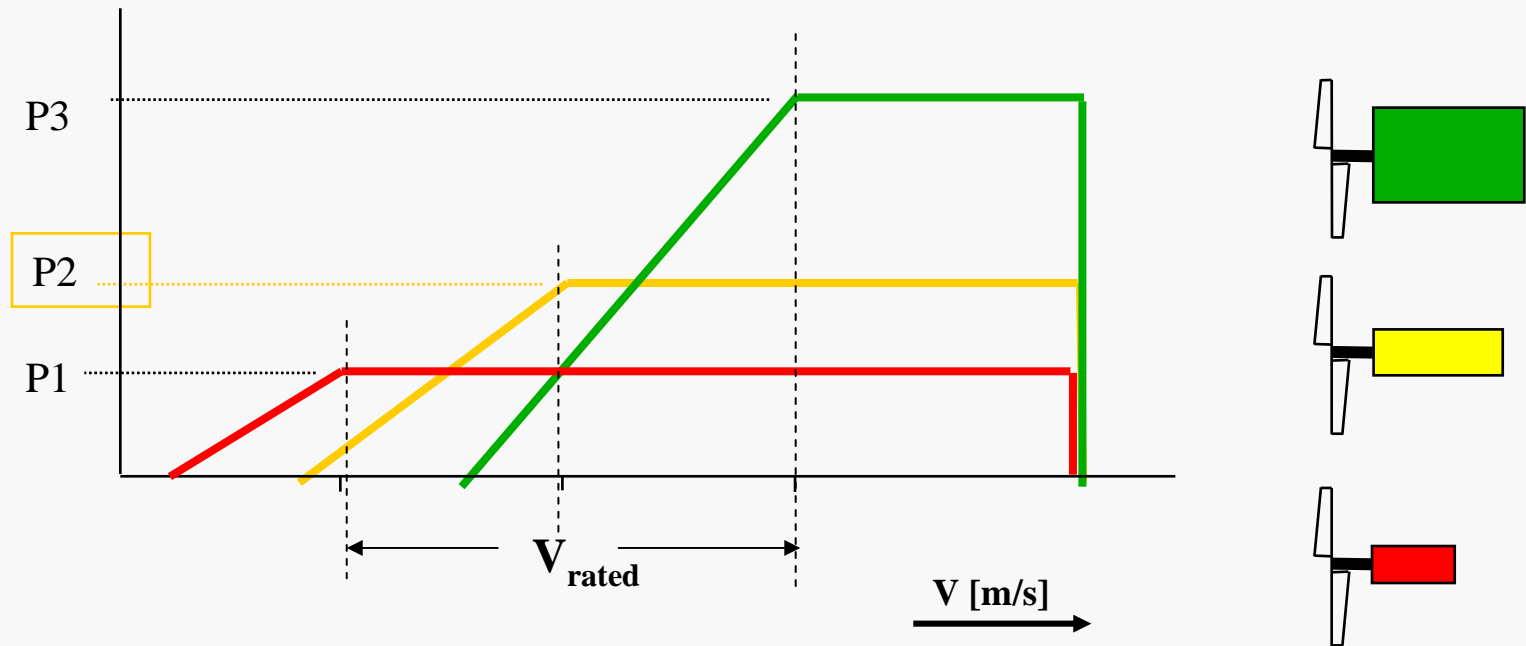
De energie inhoud van de wind



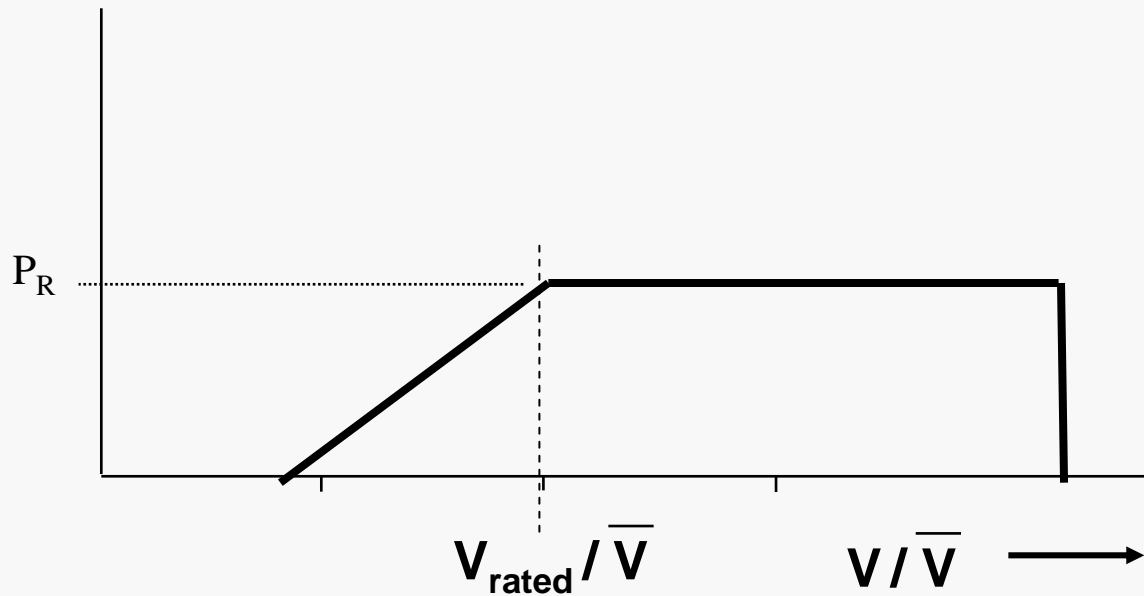
De energie inhoud van de wind



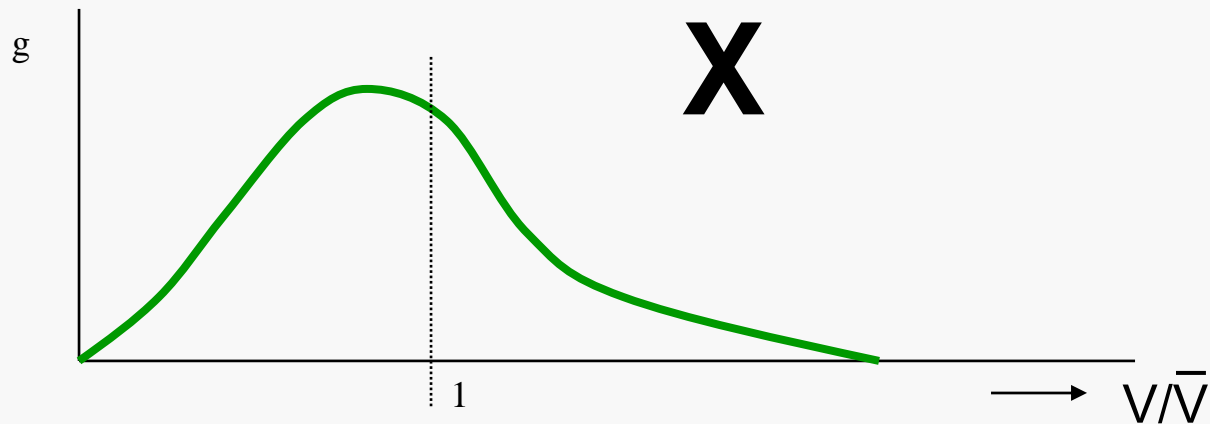
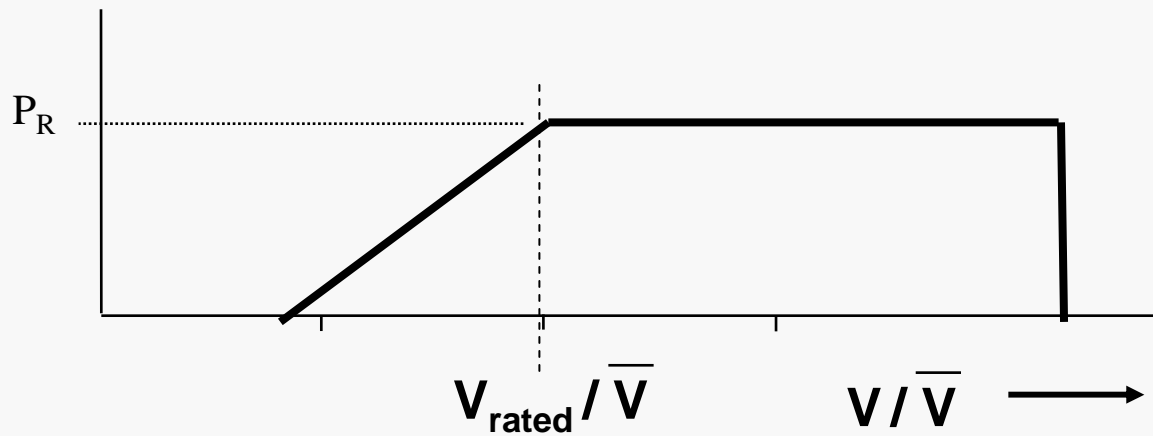
De opbrengst van de windturbine



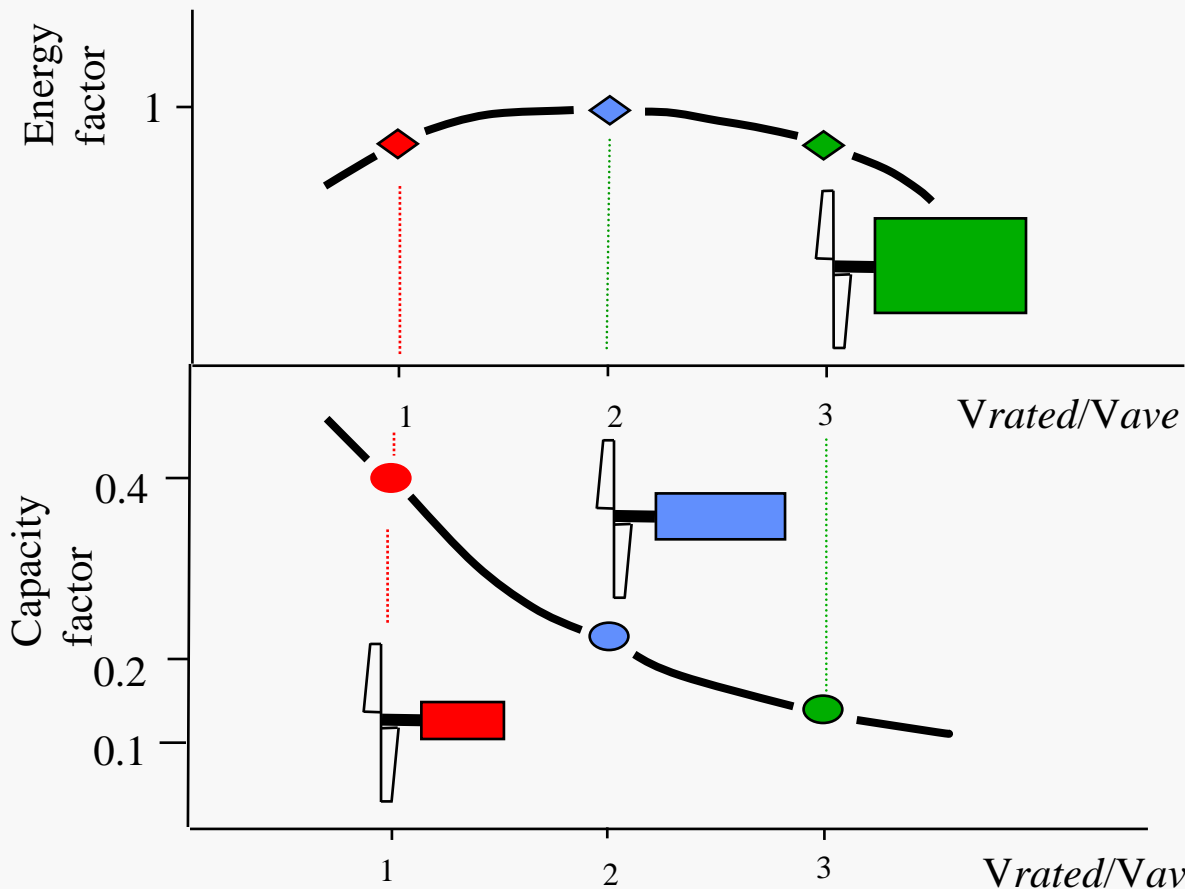
De opbrengst van de windturbine



De opbrengst van de windturbine



De opbrengst van de windturbine



Figuur 1A

Figuur 1B

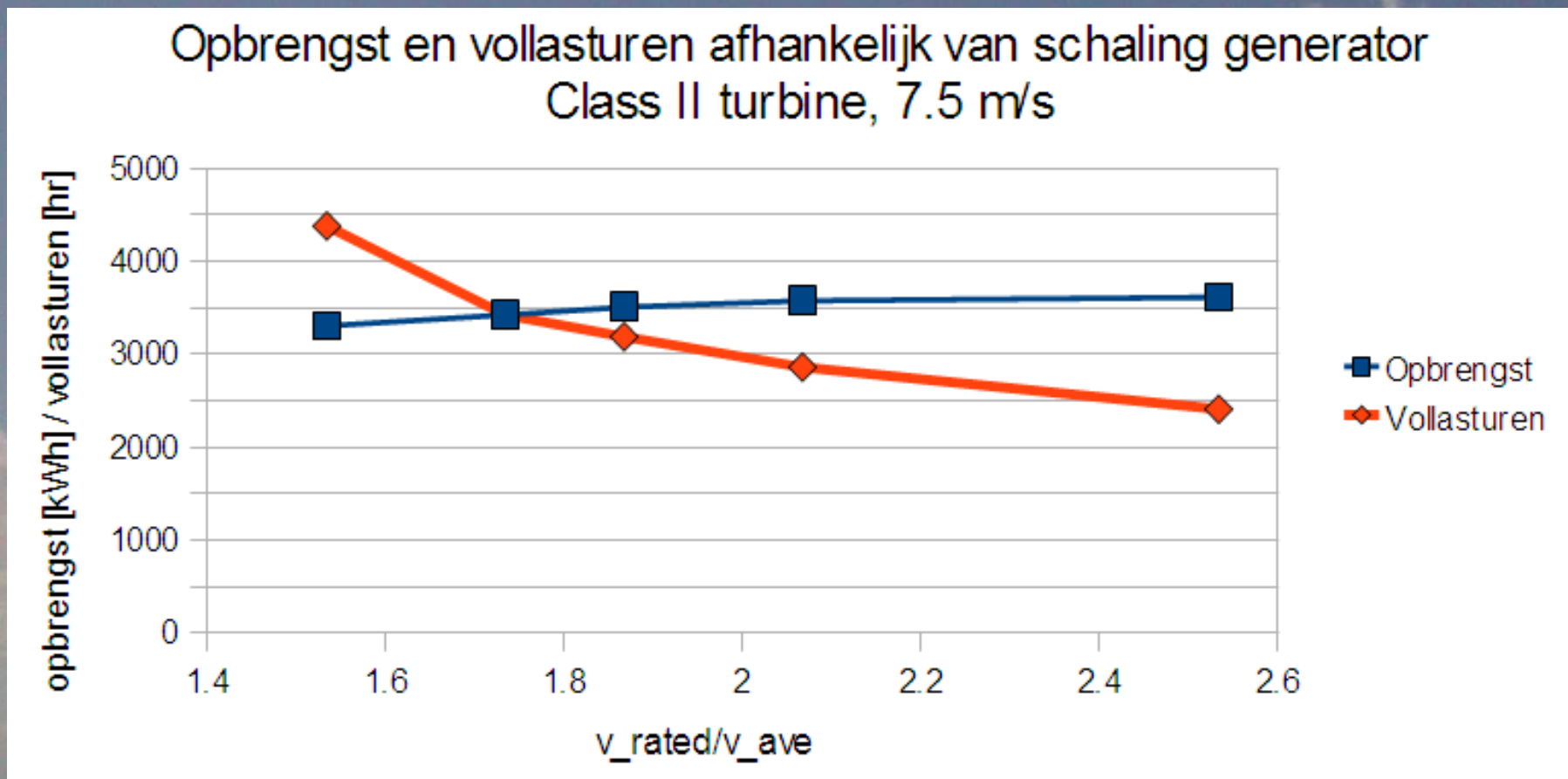
$$\text{Cap. Factor (Cf)} = E/P_R \cdot T_j$$

$$\text{Equivalente vollasturen} = (\text{Cap. Factor}) \cdot T_j$$



De opbrengst van de windturbine

Update met recente PV curven



Bron: Wouter Engels (ECN)



Conclusies (1)

Het plaatsen van een windturbine met een te groot specifiek vermogen (geïnstalleerd vermogen per m² bestreken rotoroppervlak) voor de heersende windsnelheid op de bouwlocatie heeft een gering effect op de opbrengst, maar een relatief groot effect op het aantal vollasturen.



Conclusies (2)

Een hoog aantal equivalente vollasturen heeft voordelen:

- Er kan meer windvermogen op het net worden aangesloten (Netaansluitingscapaciteit wordt bepaald door het piekvermogen en niet door het aantal kWh-en)
- Kabelcapaciteit wordt beter benut, waardoor de kosten van elektriciteitstransport afnemen. Denk aan offshore!!
- Door het groter aantal vollasturen neemt de voorspelbaarheid van het windvermogen toe.
- Geeft mogelijkheden tot kostenverlaging van de windturbine (innovaties)



Conclusies (3)

Maximalisering van subsidie op basis van vollasturen is fundamenteel fout omdat:

- het aantal vollasturen een manipuleerbare grootte is
- het innovatie tegenwerkt
- het onderbenutting van het net in de hand werkt.
- te veel overbodig rekenwerk oplevert. Uiteindelijk wordt het aantal vollasturen berekend op basis van de opbrengst in kWh-en!!



Het alternatief (ter discussie)

Maximalisering van subsidie uit budgettaire overwegingen is terecht. (Geen blanco cheque)

Nu:

$$E_{\max} \text{ (kWh in een jaar)} \leq (T_{\text{vollast/max}}/T_{\text{jaar}}) \cdot P_R$$

(M.a.w.: subsidie is evenredig met het geïnstalleerd vermogen)

Alternatief (onafhankelijk van windregime):

$$E_{\max} \text{ (kWh in een jaar)} \leq B \cdot (\pi/4) \cdot D^2$$

(M.a.w.: subsidie is evenredig met de opwekcapaciteit van de windturbine;
eventueel de factor B variëren met het heersende windregime.)



Het alternatief (ter discussie)

Basis factor B:

B berekenen op basis van opbrengst schattingsformule als functie van \overline{V} en A (bestreken rotor oppervlak); dus onafhankelijk van het geïnstalleerde vermogen.



Het alternatief (ter discussie)

Vuistregel

$$E_{\text{gemiddeld}} = b \cdot A \cdot \bar{V}^3 \quad [\text{kWh/a}]$$

b: performance factor; tegenwoordig ong. 3,2.

V: gemiddelde windsnelheid op naafhoogte [m/s]

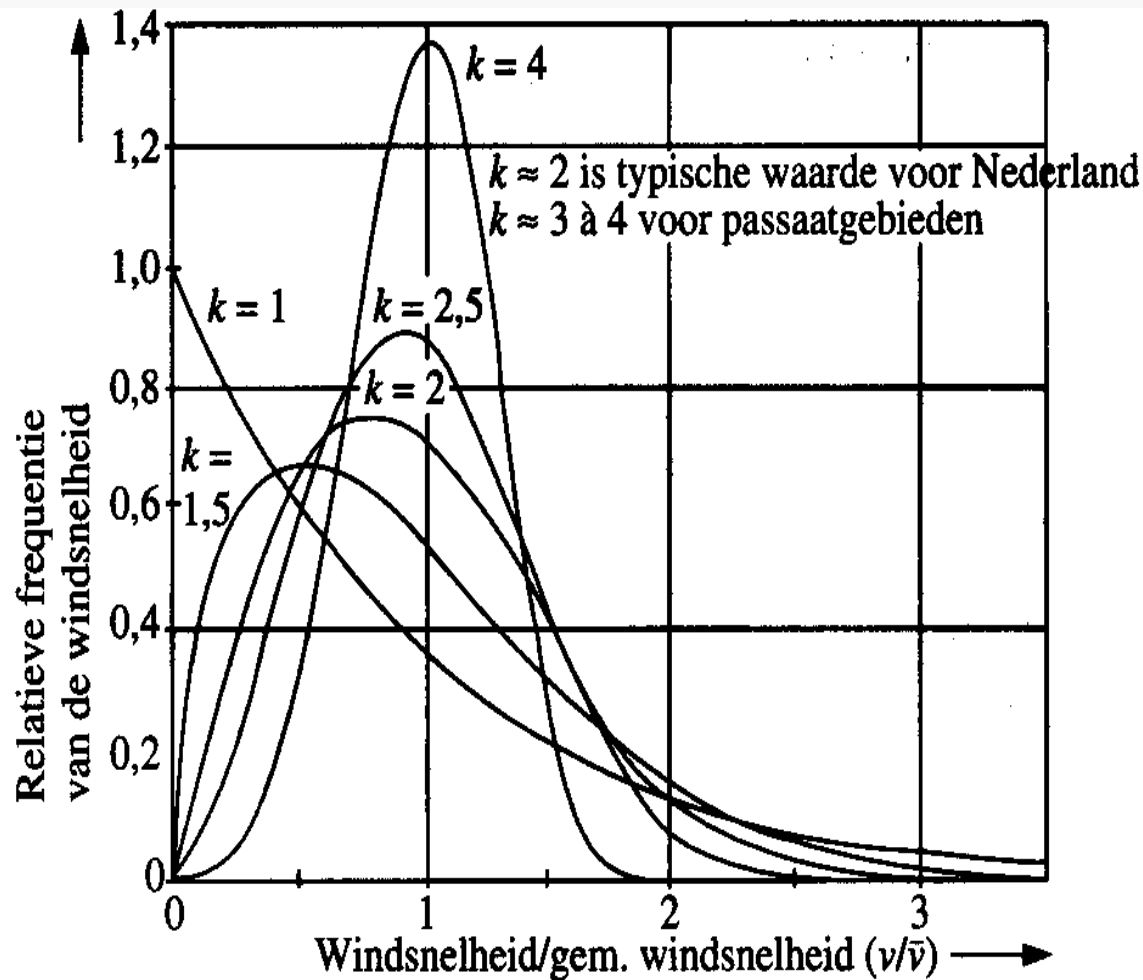
A: bestreken rotor oppervlak [m²]

Vooronderstellingen:

- * Windregime identiek aan West Europa
- * Goede afstemming tussen lokale windsnelheid, rotorafmeting en geïnstalleerd vermogen.



De energie inhoud van de wind



De energie inhoud van de wind

Energie vorm factor k_E

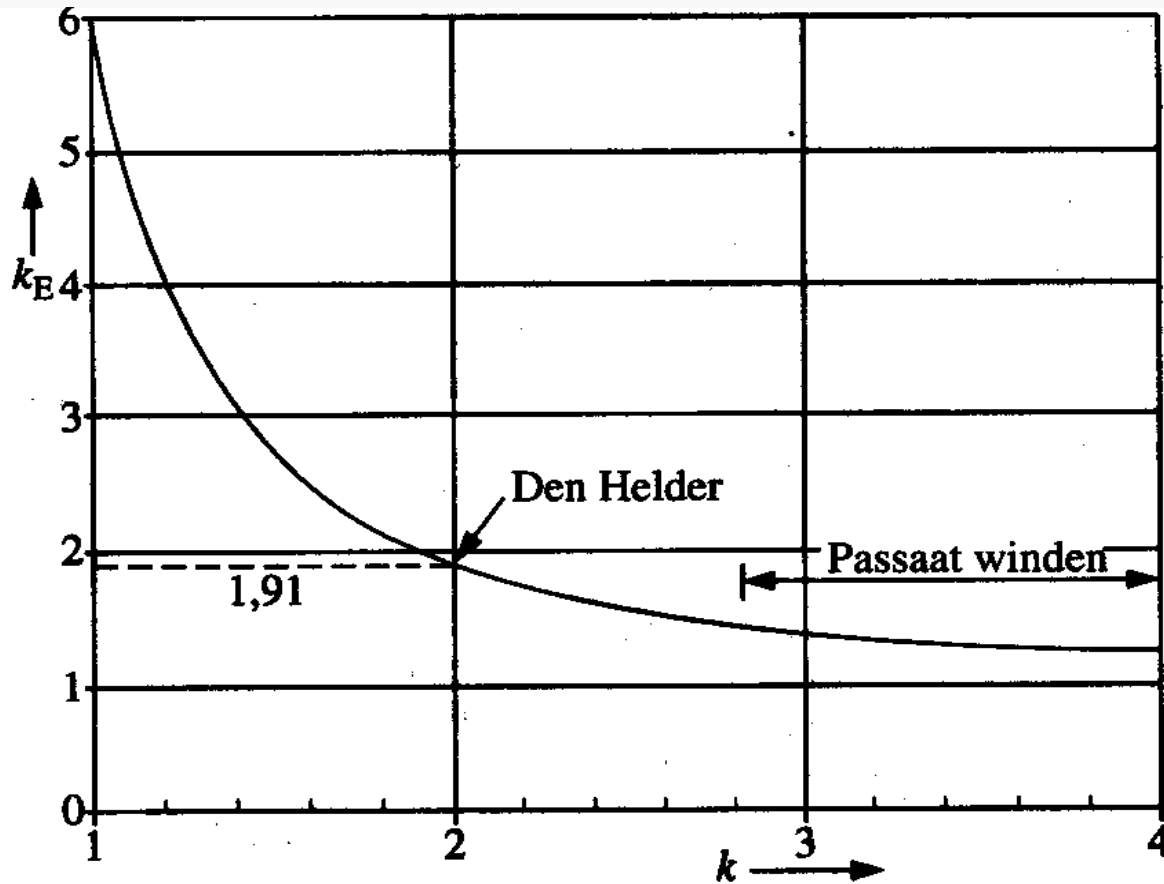
$$P_{\text{wind}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \quad [\text{W/m}^2] \quad \textit{momentaan}$$

$$\overline{P}_{\text{wind}} = k_E \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \overline{V}^3 \quad [\text{W/m}^2] \quad \textit{gemiddeld}$$



De energie inhoud van de wind

Energie- en Weibull vormfactor



De energie inhoud van de wind

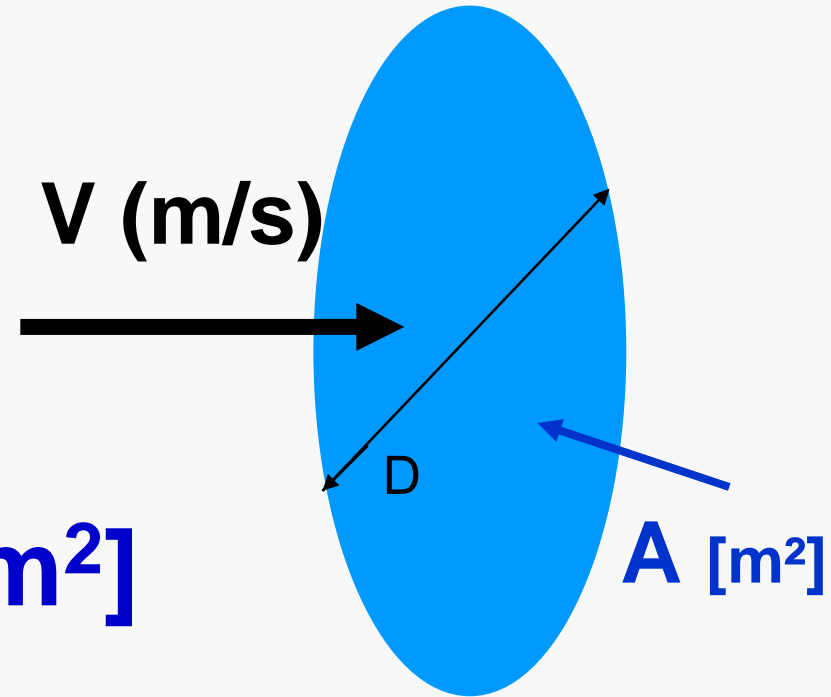
Energie vorm factor k_E

$$P_{\text{wind}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \quad [\text{W/m}^2] \quad \textit{momentaan}$$

$$\overline{P}_{\text{wind}} = k_E \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \overline{V}^3 \quad [\text{W/m}^2] \quad \textit{gemiddeld}$$



De energie inhoud van de wind



$$\overline{P}_{\text{wind}} = k_E \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \overline{V}^3 \quad [\text{W/m}^2]$$

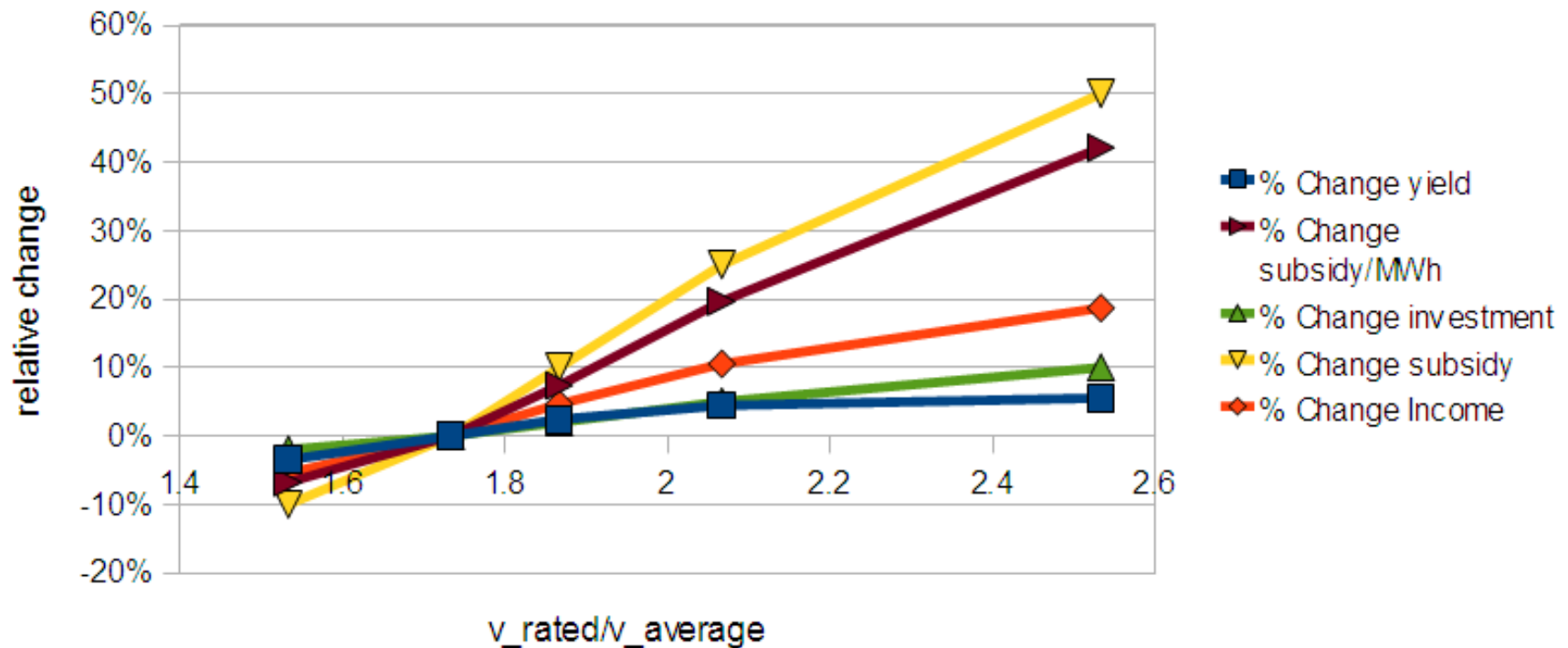
ρ = luchtdichtheid; ongeveer 1,2 [kg/m³]

$$\overline{P}_{\text{wind}} = 1,2 \cdot \overline{V}^3 \quad [\text{W/m}^2]$$

$$A = \pi/4 \cdot D^2$$

Gevoeligheidsanalyse

Class II turbine; 7.5 m/s



Bron: Wouter Engels (ECN)



A photograph of an offshore wind farm with several wind turbines visible on the horizon over a body of water under a cloudy sky.

**Thank you
for your attention !**

**We@Sea conference
'Final Results '
December 1 and 2, Den Helder (NL)**

www.we-at-sea.org



Finance workshop
Utrecht, 24 November, 2009